

**MUATAN TITIK NOL BERBAGAI BAHAN ORGANIK, PENGARUHNYA TERHADAP  
KAPASITAS TUKAR KATION DI LAHAN TERDEGRADASI**  
*(Zero Point Charge of Various Organic Fertilizer : The Effect on Soil Cation Exchange  
Capacity in Degraded Lands)*

**Sri Hartati, Slamet Minardi, dan Dwi Priyo Ariyanto**

Staf Pengajar Jurusan Ilmu Tanah FP-UNS Jl. Ir. Sutami 36 A Kentingan Surakarta

Contact Author : [srihartati\\_tanahuns@yahoo.co.id](mailto:srihartati_tanahuns@yahoo.co.id)

**ABSTRACT**

*Zero Point of Charge (ZPC) is an important variable in describing the mechanism of reversible surface charge primarily on weathered soil dominated by variable charge. ZPC is a certain pH when the surface charge is electrically neutral or zero (pHo). The presence of organic matter effect on the nature of the charge in the soil. Research goals include: 1). Obtaining information kinds of organic fertilizer with low of pHo, 2) Knowing the behavior of pHo and net charge of soil, 3) Knowing the influence of pHo on the soil cation exchange capacity. This study is an experimental functional relationship variables approach through experiments. The experiments were conducted at Greenhouse of Agriculture Faculty, Sebelas Maret University. The basic design used was completely randomized design of a single factor. The treatment is done as follows: P0 = soil without the addition of organic fertilizers, P1 = soil with the addition of cow manure 5 tons / ha, P2 = soil with the addition of chicken manure 5 tons / ha, P3 = soil with the addition of quail manure 5 tons / ha, P4 = soil with the addition of goat manure 5 tons / ha, P5 = soil with the addition of bokashi 5 tons / ha, P6 = soil with the addition of rice straw compost 5 tons / ha, P7 = soil by adding compost hyacinth 5 ton / ha. P8 = soil by adding compost of Titonia 5 tons / ha and each treatment was repeated 3 times. Analysis of the quality of organic fertilizers include: levels of lignin and polyphenols, C/N, pH, pHo, humic acid and fulvic acid. The soil analysis includes the C-organic soil, total N, C / N, pH, pHo, CEC. The results showed that the zero point of charge (pHo) is the lowest organic fertilizer chicken manure (4.52). Obtained a close relationship between the difference in pH H<sub>2</sub>O with pHo with cation exchange capacity. Highest cation exchange capacity achieved in the treatment of chicken manure.*

**Keywords :** CEC, organic fertilizer, pHo, zero point of charge

**PENDAHULUAN**

Muatan Titik Nol (MTN) merupakan variabel penting dalam menggambarkan mekanisme muatan permukaan reversibel terutama pada tanah melapuk lanjut yang didominasi oleh muatan variabel. Keberadaan bahan organik sangat berpengaruh terhadap sifat muatan dalam tanah. Anion organik berperan sebagai ion penentu potensial yang mampu

teradsorpsi secara spesifik pada permukaan koloid tanah. Muatan Titik Nol dapat dideteksi melalui pHo yaitu pH pada saat muatan menunjukkan nilai nol. Selisih pHo dan pH (pHo-pH) menunjukkan rentang muatan negatif permukaan koloid tanah.

Menurut Bohn *et al.* (1979) cit Purnamayani *et al.* (2004) MTN merupakan pH tertentu pada saat muatan permukaan secara elektrik

netral atau nol. Evaluasi nilai MTN dapat untuk mengetahui tindakan pengelolaan yang diberikan misalnya pemupukan dan pengapuran .

Tanah-tanah dengan neto muatan permukaan negatif yang tinggi akan mempunyai kapasitas tukar kation yang tinggi. Kapasitas tukar kation dalam tanah sangat menentukan tingkat kesuburan tanah dan menghindari kehilangan hara akibat pencucian unsur hara terutama unsur-unsur basa.

Degradasi kesuburan tanah dicirikan oleh kehilangan bahan organik yang mengakibatkan daya dukung tanah sawah makin lama makin menurun. Beberapa upaya strategis untuk mengatasi degradasi lahan pertanian, dicontohkan oleh Suntoro (2005), antara lain dengan pertanian organik ramah lingkungan. Pada lahan yang terdegradasi biasanya sudah mengalami kehilangan lapisan atas tanah dan kadar bahan organik yang rendah padahal bahan organik merupakan sumber muatan negatif dalam tanah.

Untuk itu perlu dilakukan peningkatan muatan negatif dalam tanah melalui penambahan berbagai macam bahan organik. Bahan organik dengan nilai p<sub>Ho</sub> yang rendah akan menyumbangkan muatan negatif yang lebih tinggi.

Menurut Tan (1995) muatan permukaan bersih akan menjadi nol jika kerapatan muatan negatif sama dengan kerapatan muatan positif. Nilai pH saat terjadinya kesamaan muatan-muatan tersebut disebut titik isoelektrik atau muatan titik nol (MTN) dari mineral

(Tan, 1995). Muatan titik nol dapat ditetapkan baik dengan metode titrasi maupun dengan analisis jumlah kation dan anion terjerap sebagai fungsi dari pH dan konsentrasi. Jika ion-ion H<sup>+</sup> dan OH<sup>-</sup> merupakan ion-ion tertentu potensial utama , MTN biasanya ditentukan dengan titrasi potensiometrik dan perhitungan memakai rumus:

$$\phi_o = F (rH^+ - rOH^-)$$

Dengan  $\phi_o$  = kerapatan muatan permukaan, F = tetapan Faraday, rH dan rOH berturut-turut jerapan H<sup>+</sup> dan OH<sup>-</sup> dalam mEk/gram. Penetapan MTN dapat dilakukan dengan metode Schulthess dan Sparks (1986) yang dimodifikasi oleh Naganuma dan Okazaki (1992) cit. Purnamayani *et al.* (2004).

Bila pH aktual (pH H<sub>2</sub>O) di atas muatan titik nol maka tanah akan bermuatan negatif sehingga akan mempunyai kemampuan untuk menukarkan kation (mempertukarkan suatu kation positif yang satu dengan yang lainnya), namun sebaliknya tanah akan mengikat anion (secara elektrostatik) apabila pH di bawah atau lebih rendah daripada muatan titik nol atau p<sub>Ho</sub> yang disebut kapasitas tukar anion (Appel *et al.*, 2002)

Menurut Appel *et al.*, 2002 Muatan Titik Nol (MTN) merupakan variabel penting dalam menggambarkan mekanisme muatan permukaan reversibel terutama pada tanah melapuk lanjut yang didominasi oleh muatan variabel. Keberadaan bahan organik sangat berpengaruh terhadap sifat muatan dalam tanah. Anion organik

berperan sebagai ion penentu potensial yang mampu teradsorpsi secara spesifik pada permukaan koloid tanah. Muatan Titik Nol dapat dideteksi melalui p<sub>Ho</sub> yaitu pH pada saat muatan menunjukkan nilai nol. Bila nilai muatan titik nol (p<sub>Ho</sub>) lebih rendah dari pH aktualnya, maka koloid tanah mempunyai afinitas yang tinggi untuk menyerap kation seperti kalium.

Hasil penelitian Kosmulski (2009) menyebutkan bahwa muatan titik nol untuk gipsit yakni 11, goethit 9,1, kaolinit dari Zheijiang < 3, CaCO<sub>3</sub> dari Omya 8,5, kalsit dari Meksiko 10,1, apatit dari Grangesberg Sweden 3,8, pirit dari Colorado 5,5, asam humat yang diekstrak dari gambut Amherst < 4, asam humat dan asam fulvat yang diekstrak dari tanah < 3.

Tanah-tanah dengan neto muatan permukaan negatif yang tinggi akan mempunyai kapasitas tukar kation yang tinggi. Kapasitas tukar kation dalam tanah sangat menentukan tingkat kesuburan tanah dan menghindari kehilangan hara akibat pencucian unsur hara terutama unsur-unsur basa.

Kapasitas tukar kation mewujudkan muatan negatif per unit massa tanah. Kapasitas tukar kation dapat ditentukan melalui jumlah kation yang dapat dipertukarkan atau kation yang dapat menggantikan per unit massa tanah (White, 2006).

Kapasitas tukar kation dipengaruhi oleh jenis koloid dan jumlah koloid, jenis mineral liat, tekstur dan kadar bahan organik sangat menentukan nilai kapasitas tukar kation. Kapasitas tukar kation pada tanah-tanah tropika juga

sering tergantung pada pH tanah, karena pada tanah-tanah ini mereka dapat terdiri dari muatan permanen (*permanent charge*) dan muatan tergantung pH (*pH dependent charge*) (Indranada, 1994).

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh pemberian pupuk organik terhadap muatan titik nol (p<sub>Ho</sub>) serta pengaruhnya terhadap kapasitas tukar kation di lahan terdegradasi.

## BAHAN DAN METODE

Bahan yang digunakan untuk mendukung penelitian ini adalah tanah terdegradasi yang diambil dari Desa Sukosari, Kec. Jumantono, Kab. Karanganyar, pupuk kandang sapi, pupuk kandang ayam, pupuk kandang puyuh, pupuk kandang kambing, bokashi, kompos jerami padi, kompos eceng gondok, dan kompos titonia, benih kacang tanah lokal, pupuk Urea, SP-36 dan KCl.

Alat yang digunakan untuk pengambilan sampel tanah di lapang meliputi: cangkul, karung, plastik tempat sampel, dan ember. Alat untuk analisis laboratorium antara lain: pH meter, oven listrik, neraca analitik, waterbath, erlenmeyer. Gelas ukur, pipet, beker glas, tabung reaksi, gelas ukur, dan kertas saring.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Karakteristik Tanah Awal dan Pupuk Organik

Hasil analisis tanah awal disajikan pada Tabel 1. Berdasarkan analisis tanah Tabel 1 menunjukkan bahwa tanah yang

Tabel 1. Karakteristik Tanah Awal

No	Variabel	Satuan	Hasil	Pengharkatan
1	pH H <sub>2</sub> O	-	6,8	Masam
2	pH KCl	-	5,3	Masam
3	pHo	-	5,96	-
4	C-organik	%	1,59	Rendah
5	Bahan organik	%	2,74	Rendah
6	Kapasitas Tukar Kation	cmol.kg <sup>-1</sup>	21,52	Sedang
7	N total	%	0,17	Sangat rendah
8	P tersedia	ppm	17,25	Rendah
9	K tersedia	cmol.kg <sup>-1</sup>	0,04	Sangat rendah
10	Ca	cmol.kg <sup>-1</sup>	2,84	Rendah
11	Mg	cmol.kg <sup>-1</sup>	1,28	Rendah
12	C/N	-	9,35	Sedang

Sumber : Hasil Analisis Laboratorium Ilmu Tanah dan Minardi dkk. (2011)

Keterangan : Pengharkatan menurut PPT (1983)

Tabel 2. Karakteristik Bahan Organik (Pupuk Organik)

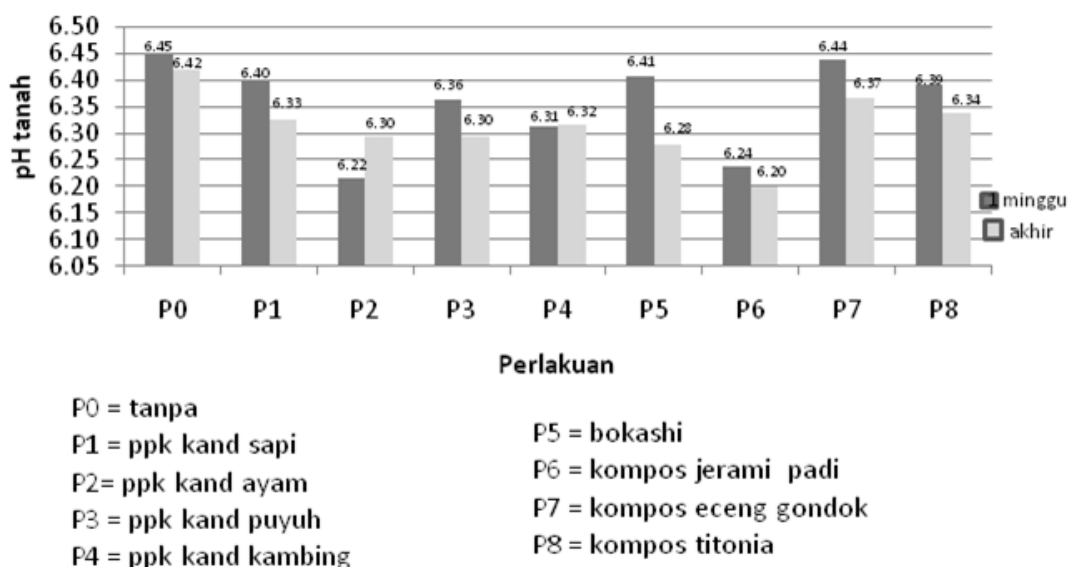
No	Macam Bahan Organik	Lignin (%)	Polifenol (%)	C/N	pH (H <sub>2</sub> O)	pHo	As. Humat (%C)	As. Fulvat (%C)
1	Ppk kand sapi	2,34	16,34	20,43	7,82	4,63	16,50	3,21
2	Ppk kand ayam	3,00	10,92	19,87	7,40	4,52	16,74	4,05
3	Ppk kand puyuh	0,94	5,32	19,90	6,37	4,59	16,03	3,83
4	Ppk kand kambing	2,03	13,64	19,96	7,93	4,65	14,64	4,32
5	Bokashi	0,91	10,52	18,48	7,57	4,71	14,90	3,96
6	Kompos jerami pdi	2,76	8,70	17,89	8,00	4,75	14,06	5,87
7	Kompos e. gondok	3,71	5,36	18,45	7,83	4,54	15,87	4,93
8	Kompos titonia	8,96	15,96	17,65	7,98	4,73	14,11	4,68

Sumber : Hasil Analisis Laboratorium Ilmu Tanah (2012)

digunakan untuk penelitian ini secara keseluruhan dapat dikatakan mempunyai tingkat kesuburan yang rendah. Hal ini dapat dipahami karena tanah yang digunakan dalam penelitian ini merupakan tanah terdegradasi bekas galian C sehingga lapisan atas sudah hilang. Dari beberapa analisis tanah (kadar bahan, organik, N total, P tersedia, K tersedia, Ca tersedia dan Mg tersedia) berkisar sangat rendah hingga rendah, sedangkan kapasitas tukar kation dan C/N termasuk sedang. Dari uji laboratorium diketahui bahwa pH H<sub>2</sub>O bernilai 6,8 dan pHo atau muatan

titik nol berada pada pH 5,98. Selisih (pHo - pH H<sub>2</sub>O) mempunyai nilai negatif 0,84. Hal ini menunjukkan bahwa tanah yang digunakan untuk penelitian ini mempunyai muatan negatif yang berarti bahwa koloid tanah bermuatan negatif sehingga dapat mengikat kation. Kenyataan ini didukung dari analisis tanah yang menunjukkan bahwa tanah ini mempunyai kapasitas tukar kation sebesar 21,52 cmol.kg<sup>-1</sup> dan tergolong sedang.

Berdasarkan hasil analisis terhadap pupuk organik (Tabel 2) menunjukkan bahwa kadar lignin, polifenol, asam



Gambar 1. pH Tanah Setelah Inkubasi 1 Minggu dan Akhir

humat dan asam fulvat bervariasi dari ke delapan pupuk organik yang digunakan.

Nisbah C/N merupakan indikator untuk menyatakan kematangan pupuk organik. Nisbah C/N pupuk organik yang digunakan berkisar antara 17,65 hingga 20,43 sehingga dapat dikatakan bahwa pupuk organik sudah terdekomposisi atau matang dan siap digunakan, sehingga apabila diaplikasikan ke dalam tanah sudah dapat menyumbangkan unsur hara yang bisa diserap tanaman.

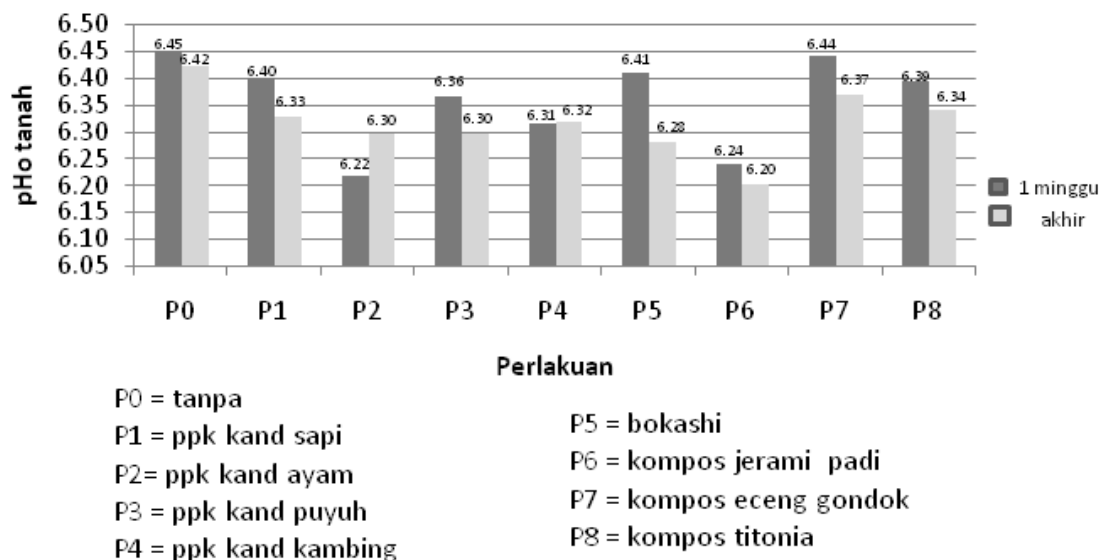
Berdasarkan hasil analisis  $pH_o$  menunjukkan bahwa pupuk kandang ayam mempunyai nilai muatan titik nol terendah (4,52) dan berturut-turut kompos eceng gondok (4,54), pupuk kandang puyuh (4,59), pupuk kandang sapi (4,63), pupuk kandang kambing (4,65), bokashi (4,71) kompos titonia (4,73), kompos jerami dan tertinggi dicapai pada kompos jerami padi (4,75).

Dari analisis pH aktual atau pH  $H_2O$  atau pH dan muatan titik nol atau  $pH_o$  menunjukkan bahwa selisih ( $pH_o - pH$ ) menunjukkan nilai negatif, berarti

semua pupuk organik mempunyai muatan negatif. Rentang muatan negatif paling lebar dicapai pada kompos eceng gondok (-3,29), diikuti pupuk kandang kambing (-3,25) dan kompos titonia (-3,25), pupuk kandang sapi (-3,19), pupuk kandang ayam (-2,88), bokashi (-2,86), pupuk kandang sapi (-3,19), pupuk kandang ayam (-2,88), dan pupuk kandang puyuh (1,78). Pernyataan selisih ( $pH_o - pH$ ) dapat dibalik dengan selisih ( $pH - pH_o$ ) sehingga apabila selisih ( $pH - pH_o$ ) bernilai positif berarti tanah bermuatan negatif. Makin tinggi rentang nilai positif berarti makin tinggi pula muatan negatif koloid tanah.

## B. Uji Muatan Titik Nol dan Kapasitas Tukar Kation

Hasil analisis pH  $H_2O$  tanah pada inkubasi 1 minggu dan akhir disajikan pada Gambar 1. Dari analisis keragaman menunjukkan bahwa pemberian bermacam-macam pupuk organik berpengaruh tidak nyata terhadap pH



Gambar 2. pHo Tanah Setelah Inkubasi 1 Minggu dan Akhir

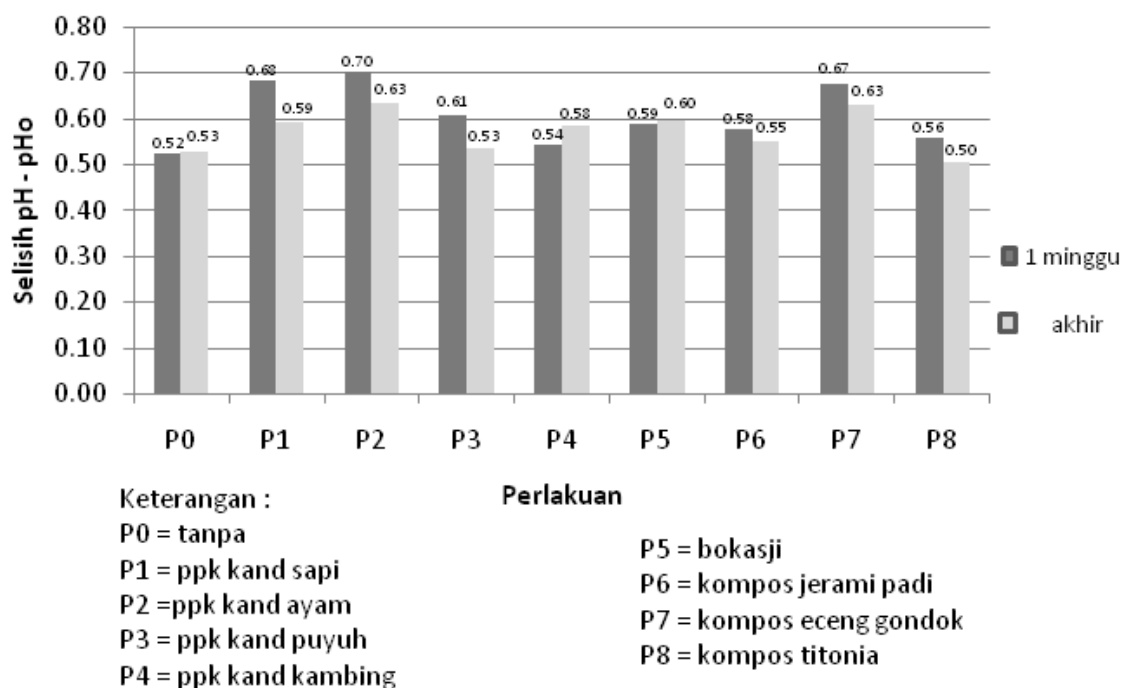
tanah baik awal maupun akhir.

Reaksi tanah atau pH tanah tidak banyak dipengaruhi oleh pemberian pupuk organik, disebabkan tanah mempunyai daya sangga yang besar. Demikian juga hasil analisis terhadap muatan titik nol atau pHo pada inkubasi 1 minggu maupun akhir menunjukkan pengaruh yang tidak nyata. Nilai-nilai pHo bervariasi (Gambar 2). Reaksi tanah (pH) sangat menentukan daya sangga yang dimiliki suatu tanah. Kemampuan tanah untuk menyangga sangat penting karena tanaman sangat sensitif terhadap perubahan pH yang terjadi secara mendadak karena berhubungan dengan perubahan ketersediaan unsur hara daripada pengaruh langsung dari perubahan pH tanah (Sutanto, 2005).

Selisih pH dan pHo ( $\text{pH} - \text{pHo}$ ) disajikan pada Gambar 3. Dari uji keragaman menunjukkan bahwa pemberian bermacam pupuk organik berpengaruh terhadap selisih pH dan pHo ( $\text{pH} - \text{pHo}$ ). Hasil uji DMR 5% terhadap selisih pH dan pHo ( $\text{pH} - \text{pHo}$ )

pada inkubasi 1 minggu menunjukkan bahwa pada perlakuan tanpa pupuk organik, pupuk kandang puyuh, bokashi, kompos jerami padi, dan kompos titonia berbeda tidak nyata namun antara kontrol (tanpa pupuk organik) berbeda nyata dengan perlakuan pupuk kandang ayam dan kompos eceng gondok. Selisih pH dan pHo ( $\text{pH} - \text{pHo}$ ) pada inkubasi 1 minggu tertinggi dicapai pada perlakuan pupuk kandang ayam dengan nilai positif 0,7.

Dari uji keragaman bahwa pemberian pupuk organik berpengaruh terhadap selisih pH dan pHo ( $\text{pH} - \text{pHo}$ ) tanah akhir. Hasil uji DMR menunjukkan bahwa selisih pH dan pHo ( $\text{pH} - \text{pHo}$ ) pada perlakuan kontrol berbeda tidak nyata dengan perlakuan pupuk kandang sapi, pupuk kandang puyuh, pupuk kandang kambing, bokashi, kompos jerami padi dan kompos titonia. Perlakuan pupuk kandang ayam dan kompos eceng gondok berbeda nyata apabila dibandingkan dengan kontrol. Selisih pH dan pHo ( $\text{pH} - \text{pHo}$ ) tanah



Gambar 3. Selisih ( pH – pHo) Tanah Setelah Inkubasi 1 Minggu dan Akhir

untuk perlakuan akhir pupuk kandang ayam dan kompos eceng gondok bernilai sama yaitu positif 0,63.

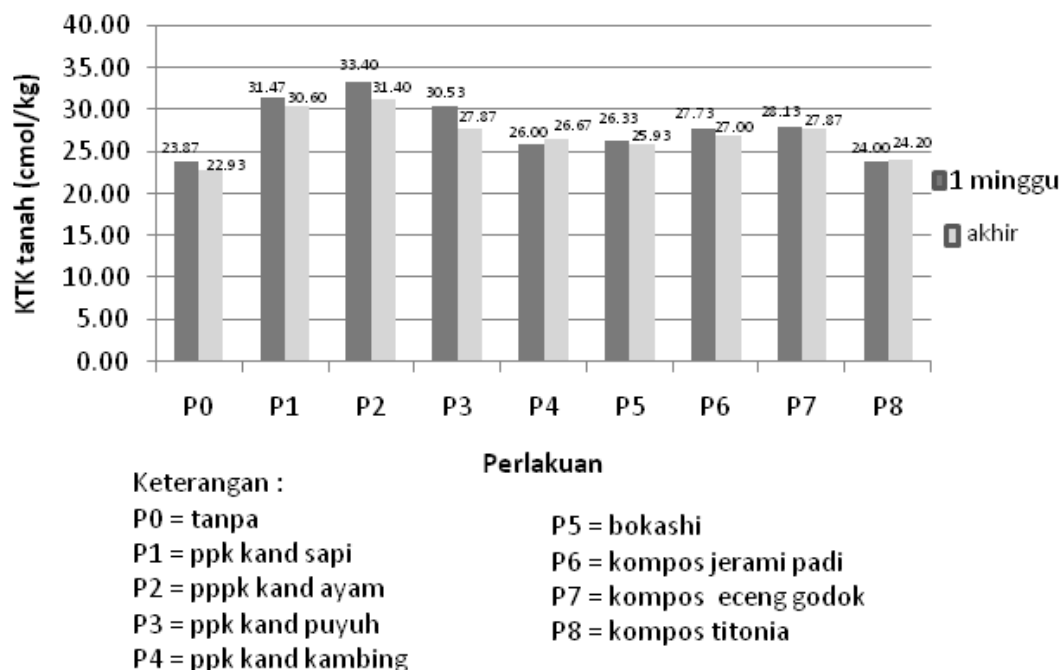
Bila pH tanah di atas muatan titik nol atau selisih pH – pHo bernilai positif maka tanah akan bermuatan negatif sehingga akan mempunyai kemampuan untuk menukarkan kation (mempertukarkan suatu kation positif yang satu dengan yang lainnya), namun sebaliknya tanah akan mengikat anion (secara elektrostatis) apabila pH di bawah atau lebih rendah daripada muatan titik nol atau pHo yang disebut kapasitas tukar anion.

Besarnya rentang selisih pH dan pHo sangat ditentukan oleh kenaikan pH ataupun penurunan pHo. Pemberian pupuk organik dapat menurunkan pHo mengingat bahwa di dalam bahan organik/pupuk organik mengandung asam humat dan asam fulvat yang mempunyai pHo rendah. Menurut

Kosmulski (2009) asam humat dan asam fulvat yang diekstrak dari tanah mempunyai pH < 3.

Dapat dikatakan bahwa selisih pH aktual dan pHo, apabila pHo – pH bernilai negatif maka koloid tanah akan bermuatan negatif, namun sebaliknya apabila pHo – pH bernilai positif maka koloid tanah akan bermuatan positif. Makin tinggi selisih pHo dan pH maka makin tinggi pula rentang muatan negatif atau positifnya. Selanjutnya Uehara dan Gillman (1981) menambahkan bahwa alternatif untuk meningkatkan muatan negatif atau kapasitas tukar kation adalah dengan cara menurunkan pHo atau meningkatkan pH tanah, berarti memperlebar rentang (pHo – pH) sehingga selisihnya semakin negatif.

Hasil uji keragaman menunjukkan bahwa pemberian pupuk organik berpengaruh nyata terhadap



Gambar 4. KTK Tanah Setelah Inkubasi 1 Minggu dan Akhir ( $\text{cmol.kg}^{-1}$ )

kapasitas tukar kation tanah baik pada inkubasi 1 minggu maupun akhir. Hasil uji DMR menunjukkan bahwa pada inkubasi 1 minggu antara kontrol dengan perlakuan pupuk kandang kambing, bokashi, kompos jerami padi, kompos eceng gondok dan kompos titonia berbeda tidak nyata sedangkan perlakuan pupuk kandang ayam berbeda nyata apabila dibandingkan dengan kontrol. Kapasitas tukar kation tertinggi dicapai pada perlakuan pupuk kandang ayam yakni  $33,4 \text{ cmol.kg}^{-1}$ .

Hasil uji DMR kapasitas tukar kation tanah pada akhir penelitian menunjukkan bahwa antara kontrol dengan pupuk kandang puyuh, pupuk kandang kambing, bokashi, kompos jerami padi, kompos eceng gondok dan kompos titonia berbeda tidak nyata, sedangkan antara kontrol dengan perlakuan pupuk kandang sapi dan pupuk kandang ayam berbeda nyata. Kapasitas tukar kation pada akhir

penelitian tertinggi dicapai pada perlakuan pupuk kandang ayam yakni  $31,4 \text{ cmol.kg}^{-1}$ .

Stevenson (1982) menyatakan bahwa asam humat adalah zat organik yang memiliki struktur molekul kompleks dengan berat molekul tinggi (makromolekul) sebagai polemer organik yang mengandung gugus aktif. Peranan kimia di dalam tanah antara lain dapat meningkatkan kapasitas tukar kation. Pada Tabel 2 bahwa kadar asam humat dan asam fulvat tertinggi yakni kompos eceng gondok (20,80 %) tetapi tidak banyak berbeda dibandingkan dengan pupuk kandang ayam (20,79%) dan yang terendah adalah kompos titonia (18,86 %C)

Hasil uji korelasi menunjukkan bahwa terdapat korelasi positif yang nyata antara selisih pH dan pHo ( $\text{pH} - \text{pHo}$ ) tanah dengan kapasitas tukar kation tanah inkubasi 1 minggu ( $r = 0,496$ ) dan akhir penelitian ( $r = 0,542$ ).



Berarti makin tinggi rentang selisih pH dan pHo ( $\text{pH} - \text{pHo}$ ) maka kapasitas tukar kation makin tinggi. Makin tinggi muatan negatif koloid tanah maka kapasitas tukar kation makin tinggi.

Muatan negatif dalam tanah dapat berasal dari permukaan koloid tanah baik dari koloid anorganik maupun koloid organik. Penambahan pupuk organik dapat meningkatkan muatan negatif tanah yang berasal dari gugus fungsional yang bermuatan negatif. Disamping itu penambahan pupuk organik juga dapat menstimulir pelepasan unsur hara di dalam tanah.

Kapasitas tukar kation memiliki peranan yang penting dalam hal penyerapan kation-kation yang selanjutnya dipertukarkan di dalam larutan tanah. Pada umumnya nilai kapasitas tukar kation mencerminkan tingkat kesuburan tanah. Apabila tanah memiliki kapasitas tukar kation tinggi maka dapat dikatakan bahwa tanah tersebut mempunyai tingkat kesuburan yang tinggi.

## KESIMPULAN

1. Dari berbagai pupuk organik, pupuk kandang ayam mempunyai muatan titik nol (pHo) terendah yakni 4,52 diikuti kompos eceng gondok (4,54), pupuk kandang puyuh (4,59), kompos jerami padi (4,60), pupuk kandang sapi (4,63), pupuk kandang kambing (4,65), bokashi (4,71) dan tertinggi kompos titonia (4,73)
2. Pemberian berbagai pupuk organik tidak berpengaruh terhadap pH  $\text{H}_2\text{O}$  dan muatan titik nol (pHo) namun

berpengaruh terhadap selisih pH  $\text{H}_2\text{O}$  dan pHo.

3. Selisih pH  $\text{H}_2\text{O}$  dan pHo ( $\text{pH} \text{H}_2\text{O} - \text{pHo}$ ) berkorelasi positif dengan kapasitas tukar kation tanah. Kapasitas tukar kation tertinggi dicapai pada perlakuan pupuk kandang ayam sebesar  $33,4 \text{ cmol.kg}^{-1}$  (inkubasi 1 minggu) dan  $31,4 \text{ cmol.kg}^{-1}$  (akhir /panen).

## DAFTAR PUSTAKA

- Appel, C., Lena Q. Ma, R. D. Rhue and E. Kennelley. 2002. *Point of Zero Charge Determination in Soils and Minerals via Traditional Methods and Detection of Electroacoustic Mobility*. Geodema 113 (2003) 77-93). Elsevier Science.
- Indranada, H. K. 1994. *Pengelolaan Kesuburan Tanah*. Bumi Aksara. Jakarta.
- Kosmulski, M. 2009. *pH dependent charge surface charging and points of zero charge. IV. update and new approach*. Jurnal of Colloid and Interface Science 3337 (2009) 439-448.
- Minardi, S., Sri Hartati dan Pardono. 2011. *Upaya Perbaikan Status Kesuburan Lahan sawah Terdegradasi dengan Penambahan Bahan Organik*. Fakultas Pertanian, Universitas Sebelas Maret. Surakarta.
- Purnamayani, R., S. Sabiham, Sudarsono dan L.K. Darusman. 2004. *Nilai Muatan Titik Nol MTN) dan Hubungannya dengan Kalium pada Tanah Gambut Pantai Jambi dan Kalimantan Tengah*. Jurnal Tanah dan Lingkungan Vol. 6 No 2 Oktober 2004; 75-82

- Stevenson, F. J. 1982. *Humus Chemistry*. John Willeyand Sons. New York.
- Suntoro. 2005. *Dampak Kegiatan Pembangunan Pada Degradasi Lahan Pertanian*. Makalah Disampaikan pada Pekan Ilmiah Mahasiswa Ilmu Tanah (PILMITANAS) UNS. 6 Desember 2005.
- Sutanto, R. 2005. *Dasar-Dasar Ilmu Tanah (Konsep dan Kenyataan)*. Kanisius. Yogyakarta. Jurnal Budidaya Pertanian, Vol.4 No 1, Juli 2008.
- Tan, K.,H, 1995. *Dasar-dasar Kimia Tanah*. Gadjah Mada Univertity Press. Yogyakarta
- Uehara, G. and G. Gillman. 1981. *The Mineralogy, Chemistry, and Physics of Tropical Soils with Variable Charge Clays*. Westview Press/Boulder. Colorado.
- White, R. E. 2006. *Principles and Practice of Soil Science*. *The Soil as a Natural Resource*. Blackwell Publishing. Victoria.